

Porous gas electrode

Veröffentlichungsnr. (Sek.) EP0144002
Veröffentlichungsdatum : 1985-06-12
Erfinder : WINSEL AUGUST PROF DR
Anmelder : VARTA BATTERIE (DE)
Veröffentlichungsnummer : ☐ EP0144002, B1
Aktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) EP19840113239 19841103
Prioritätsaktenzeichen:
(EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19833342969 19831128
Klassifikationssymbol (IPC) : H01M4/98; H01M4/88; H01M8/06; C25B11/04
Klassifikationssymbol (EC) : C25B11/03B, C25B11/04, H01M4/26, H01M4/88, H01M4/98, H01M10/52
Korrespondierende Patentschriften ☐ DE3342969, JP1825190C, ☐ JP60193270
Zitierte Dokumente: EP0120548; EP0089141; FR2061527; DE1806703; FR1296372

Bibliographische Daten

1. Porous gas electrode, in particular for electrolyzers and fuel cells, which is based on polytetrafluoroethylene-bound Raney nickel structure, characterized in that it is a foil formed by rolling a dry mixture of polytetrafluoroethylene and a Raney nickel powder protected against atmospheric oxidation together with a woven nickel gauze.

Daten aus der **esp@cenet** Datenbank - - I2



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

0 144 002
A2

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 84113239.2

Int. Cl.⁴: **H 01 M 4/98**
H 01 M 4/88, H 01 M 8/06
C 25 B 11/04

Anmeldetag: 03.11.84

Priorität: 28.11.83 DE 3342969

Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.06.85 Patentblatt 85/24

Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

Anmelder: VARTA Batterie Aktiengesellschaft
Am Leineufer 51
D-3000 Hannover 21(DE)

Erfinder: Winsel, August, Prof. Dr.
Fasanenstrasse 8a
D-6233 Kelkheim(DE)

Vertreter: Kaiser, Dieter Ralf, Dipl.-Ing.
Gundelhardtstrasse 72 Postfach 16 20
D-6233 Kelkheim/Ts.(DE)

Poröse Gaselektrode.

Eine insbesondere für Elektrolyseure und Brennstoffelemente verwendbare poröse Gaselektrode besitzt die Form einer Folie und wird durch Zusammenwalzen einer Trockenmischung aus Raneynickelpulver (Katalysator) und PTFE (Bindemittel) mit einem Metallgewebenetz oder Streckmetall hergestellt. Geringer Polarisationswiderstand, hohe mechanische Stabilität und geringer Materialaufwand pro Flächeneinheit ermöglichen den Einsatz der Elektrode bei der Technologie spezieller Verfahren wie z.B. der Elektrolyse, der Elektrodialyse, der Katalyse, z.B. Nitratbeseitigung aus der Fällauge bei der Sinterelektrodenfertigung oder bei Brennstoffzellen, die mit erzwungener Elektrolytströmung arbeiten.

EP 0 144 002 A2

1
-3-Poröse Gaselektrode

5 Die Erfindung betrifft eine poröse Gas-, insbesondere Wasserstoffelektrode, geeignet für Elektrolyseure und Brennstoffelemente, welche aus einer durch Polytetrafluoräthylen gebundenen Raneynickelstruktur besteht, sowie ein Verfahren zur Herstellung dieser Elektrode.

10 Wasserstoffelektroden, die als Katalysator für die anodische Wasserstoffreduktion Raneynickel enthalten, sind bislang so gut wie ausschließlich Erzeugnisse einer Pulvermetallurgie geblieben, denn gerade für die Herstellung von porösen Körpern mit großer innerer Oberfläche hatten sich pulvermetallurgische Verfahren als besonders geeignet gezeigt.

15 Eine bekannte und namentlich in Niederdruck-Knallgaszellen viel verwendete Elektrodenausführung ist die Doppelskelett-Katalysator-Elektrode (DSK) gemäß DE-PS 1 019 361. Sie besteht aus einem metallischleitenden Stützgerüst, gewöhnlich ein zusammengesintertes oder heißverpreßtes Nickelpulver, in
20 welches hochaktive Katalysatorkörner aus Raneynickel eingelagert sind.

Den Vorteilen einer solchen Elektrode, die sich - materialbedingt - in einer großen mechanischen Festigkeit sowie in hoher metallischer, thermischer und elektrischer Leitfähigkeit äußern, steht der Nachteil des gewichtsaufwendigen und elektrochemisch inaktiven Sinterträgers gegenüber. Auch volumenmäßig
25 kann die relativ große Stützgerüstmasse ein erheblicher Ballast sein, wenn sich das Anwendungsgebiet der Elektrode z.B. auch auf alkalische Akkumulatoren erstrecken soll und sie dort als negative Elektrode ein möglichst gutes Speichervermögen für Wasserstoff aufweisen muß. Aus den eben genannten
30 Gründen wäre die auf das Volumen bezogene Wasserstoffkapazität dann nicht sehr günstig.

Um hier Abhilfe zu schaffen, ist bereits eine Elektrode aus der US-PS 3.409.474 bekannt, die aus einem porösen Körper aus einem Thermoplasten mit eingearbeiteten Raneymetall besteht, wobei im Falle der Verwendung dieser
35 Elektrode in Brennstoffelementen ein geeignetes Thermoplast u.a. Polytetrafluoräthylen ist.

2
~~4~~

Das Betriebsverhalten der bekannten Elektrode ließ jedoch noch Wünsche offen, so daß die Aufgabe bestand, Maßnahmen zu ergreifen, durch welche eine gesteigerte mechanische Robustheit und eine bessere Strombelastbarkeit sichergestellt werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß sie eine Folie ist, die durch Zusammenwalzen einer Trockenmischung aus Polytetrafluoräthylen und Raneynickelpulver mit einem Nickelgewebenetz gebildet ist.

Der Aufbau der erfindungsgemäßen Gaselektrode wird im folgenden anhand des Herstellungsprozesses näher erläutert.

Die Grundmaterialien, Polytetrafluoräthylen (fortan PTFE) und Raneynickelpulver in konservierter Form, werden zunächst unter Verwendung eines speziellen Schaufelmischers trocken gemischt, wobei der Gewichtsanteil des PTFE an der Trockenmischung 2 bis 12%, vorzugsweise etwa 5 bis 8% beträgt.

Da gewöhnliches Raneynickel, welches aus einer heterogenen Ni/Al-Legierung durch Herauslösen des Aluminiums mittels starker Alkalilauge hervorgeht, wegen der Aufnahme des dabei entstehenden Wasserstoffs in das Nickel-Gitter pyrophor ist und eine Montage von Zellen oder Batterien, deren Elektroden einen solchen Katalysator enthalten, nur unter Luftabschluß durchgeführt werden kann, ist für das erfindungsgemäß einzusetzende Raneynickel eine Konservierung gegen Luftoxidation vorgesehen, die eine gefahrlose Verarbeitung sichert. Zu diesem Zweck wird das Katalysator-Pulver nach dem Aktivieren entweder im alkalisch-wässrigen Milieu belassen und einer gezielten anodischen Oxidation unterworfen oder es wird nach vorhergehender Wäsche und eventueller Aceton-Trocknung der Einwirkung von H_2O_2 , von Halogensauerstoffsäuren oder Luft ausgesetzt. Es besteht somit die Auswahl zwischen einer elektrochemischen und einer chemischen Konservierung. Einzelheiten der praktischen Durchführung können der Zeitschrift Chemie-Ingenieur-Technik 40 (1968), Heft 4, Seiten 176-180 (H.H. v. Döhren, A. Kalberlah: Raney-Nickel als Katalysator in galvanischen Brennstoffzellen) entnommen werden.

3
~~5~~

Bei besagtem speziellen Mischer rotieren Schaufeln, die an den gegenüberliegenden Enden einer motorgetriebenen Welle befestigt sind, mit einer Geschwindigkeit von ca. 80 U/min in zwei parallelen Ebenen innerhalb eines
5 liegenden zylindrischen Gehäuses, dessen Zylinderachse mit der Schaufelwelle zusammenfällt. Eine zweite motorgetriebene Welle, die senkrecht zur Schaufelwelle und zwischen den Rotationsebenen der Schaufeln angeordnet ist, trägt einen Schneidkopf aus scharfen Messern und rotiert mit extrem hoher Geschwindigkeit. Die Messer können dabei eine Umfangsgeschwindigkeit von
10 ca. 25m/sec oder mehr erreichen, wenn man davon ausgeht, daß sie einen Durchmesser bzw. eine Länge von ca. 150 mm besitzen und die Tourenzahl des Motors ca. 3000 U/min beträgt.

Unter diesen Voraussetzungen treffen die Schneidkanten der Messer auf die
15 Mischungsteilchen mit derartiger Intensität, daß die noch vorhandenen PTFE-Agglomerate gecrackt werden und die Spaltstücke sich auf dem Raneynickel niederschlagen. Die Außenbezirke der Katalysatorkörner werden somit von einem feinmaschigen hydrophoben Netzsystem des PTFE überzogen.

20 Die Weiterverarbeitung der fertigen Mischung erfolgt in einer Pulverwalze, wobei die lose geschüttete Aktivmasse zu einer Folie von ca. 0,2 mm Dicke zusammengewalzt wird. Hierbei bewirkt das erwähnte PTFE-Netzsystem eine Haftung der Katalysatorpartikel untereinander. Gleichzeitig bildet dieses hydrophobe Netzsystem jedoch auch die Kanäle zum Transport des Gases aus,
25 während die hydrophil verbleibenden Innenbezirke der Katalysatoren den Elektrolyten aufsaugen. Es entstehen auf diese Weise stromliefernde Dreiphasengrenzen in den Nahbereichen der Porenmündungen der Katalysatorporen zum Gas hin. Dabei korrespondieren die Katalysatorkörner untereinander, indem sie ein zusammenhängendes System von elektrolytführenden Poren und
30 außerdem elektronisch leitenden Wegen bilden, in welchem der Elektrolyt strömungsfähig ist.

Die Raneynickel-PTFE-Folie wird dann in einem zweiten Walzenstuhl mit einem synchron zugeführten Nickelgewebenetz zusammengewalzt. Das
35 Nickelnetz besitzt eine Maschenweite von beispielsweise 0,224 mm und eine Dicke von 0,1 mm. Es gewährleistet den Elektronentransport über weite

4
-6-

Strecken entlang der dünnen hydrophil-hydrophoben Elektrodenschicht.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn dem netzarmierten Folienband noch eine poröse hydrophobierende PTFE-Schicht aufgewalzt ist, wie es im allgemeinen auch der Schichtenstruktur von Luftsauerstoffelektroden entspricht. Die komplette Wasserstoffelektrode gemäß der Erfindung erreicht damit eine Gesamtdicke von etwa 0,5 mm.

Beispiel: Von einem Gesamtgewicht der Wasserstoffelektrode von $1,95 \text{ kg/m}^2$ entfallen etwa $0,32 \text{ kg/m}^2$ auf die PTFE-Schicht, $1,18 \text{ kg/m}^2$ auf die PTFE-gebundene Raneynickel-Schicht und $0,45 \text{ kg/m}^2$ auf das Nickelgewebenetz. Die PTFE-gebundene Raneynickel-Schicht besteht zu $1,12 \text{ kg/m}^2$ aus Raneynickel und zu $0,06 \text{ kg/m}^2$ aus PTFE-Pulver.

Zur Ermittlung des elektrischen Verhaltens der erfindungsgemäßen Wasserstoffelektrode wurden die anodische und die kathodische Strom-Spannungskennlinie im Temperaturbereich um 70°C aufgenommen. Zu diesem Zweck wurden aus dem Folienmaterial kreisförmige Elektroden ausgestanzt und mit einer offenen, zum Elektrolyten hinweisenden Oberfläche von 6 cm^2 in Plexiglashalterungen mit einer rückwärtigen Gaszuführung eingebaut. Zur Reaktivierung des konservierten Raneynickels wurden die Elektroden zunächst durch entsprechende kathodische Polarisierung auf das H_2 -Potential (alkalische Lösung) gebracht und leicht über Zimmertemperatur erwärmt. Der Betriebsdruck, der im allgemeinen einem Überdruck von 1 cm Ws (Wassersäule) entsprach, konnte bei 70°C bis zu 7 cm Ws ansteigen, ohne daß Gasblasen aus der elektrolytseitigen Oberfläche austraten. In Figur 1 ist die anodische Kennlinie A (H_2 -Auflösung) bei 70°C und die kathodische Kennlinie K (H_2 -Abscheidung) bei 75°C dargestellt.

Aufgetragen ist die Polarisierung $\Delta\varphi(\text{mV})$ als Funktion der Stromdichte j (mA/cm^2). Während bei der Funktion als Anode keine Gasblasen aus der Elektrode heraustreten, findet in der Kathodenfunktion auch eine Abscheidung an der elektrolytseitigen Fläche statt, d.h. es bilden sich dort Blasen, aber ein großer Teil des Gases wird auch auf der Gasseite gegen den Überdruck von 1 cm Ws abgegeben.

5
7-

Sowohl die anodische als auch die kathodische Kennlinie zeigen bis zu 200 mA/cm² lineares Verhalten zwischen Polarisation und Stromdichte. Oberhalb von 200 mA/cm² weichen die Meßwerte bei der anodischen Belastung zu höheren Polarisationen ab, während die kathodischen Abscheidungswerte noch linear weiterverlaufen. Das Verhalten der Elektrode ist also in beiden Richtungen quasi ohmsch. Dies läßt vermuten, daß innerhalb der Elektrodens polarisation infolge des notwendigen Eindringens des Stromes in das mikro-
poröse System der Katalysatoren auch ein erheblicher Anteil von Elektrolyt-
widerstand steckt. Dieser Elektrolytwiderstand ist aber ein nicht vermeidbarer
Polarisationsanteil der Elektrode.

Daß er sich bei der erfindungsgemäßen Elektrode dennoch in minimalen Grenzen hält, zeigt die folgende Betrachtung.

Rechnet man nämlich aus der Steigung den entsprechenden Flächenwiderstand aus, der sich auch als Polarisationswiderstand ergibt, wenn man die Polari-
sation $\Delta\varphi$ in mV durch die Stromdichte j in mA/cm² dividiert, so findet man
für die anodische Reaktion bei 70°C einen Widerstand von 0,31 Ω cm²,
hingegen für die Abscheidung bei 75°C einen Widerstand von 0,2 Ω cm².

Da aufgrund von Leitfähigkeitsmessungen an Kalilauge für eine 6 - 12n Lauge bei 70°C ein spezifischer Widerstand von rund 1 Ω cm anzusetzen ist, bedeutet dies, daß der Flächenwiderstand der H₂-Elektrode dem Widerstand einer 2-3 mm dicken Elektrolytschicht entspricht. Man kann etwa damit rechnen, daß 50% des Elektrodenvolumens in den feinen Poren des Raneynickels vorliegen. Der Querschnitt der elektrolytführenden Poren erfüllt also höchstens 50% der vorhandenen Elektrodenquerschnittsfläche. Außerdem aber macht der Strom innerhalb der Katalysatorporen einen Umweg entsprechend dem Umwegfaktor, für den man Werte in der Gegend von 2 annehmen kann. Dies bedeutet dann, daß nach roher Abschätzung der Widerstand einer Elektrodenschicht der Dicke d , wenn sie als Diaphragma vom Strom durchflossen wird, mindestens um den Faktor 4 größer ist als der Widerstand einer Elektrolytschicht der Dicke d . Da die erfindungsgemäße Elektrode ca. 0,5 mm dick ist, muß man erwarten, daß sie einen Diaphragmenwiderstand hat, der mindestens gleich dem Widerstand einer 4mal so dicken, d.h. etwa 2 mm dicken Elektrolytschicht ist. Dieser

6

-8-

Wert korrespondiert recht gut mit den aus der Steigung der anodischen und der kathodischen Kennlinie berechneten Werten des Flächenwiderstandes.

5 Verfahrenstechnische Anwendungsmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Elektrode bestehen in der Brennstoffzellentechnik und in der Elektrolysetechnik zumindest für die H_2 - und O_2 -Entwicklungsseite; daneben können derartige Elektroden in elektrodialytischen Prozessen mit H_2/H_2 -Zellen eingesetzt werden, d.h. in all den Fällen, in denen bisher eine Elektrolyse mit der
10 Elektrodialyse verbunden ist. Die Elektrolyse ist dabei ein im wesentlichen energieverzehrender Prozeß; abgesehen davon, daß die Knallgasentstehung in vielen Fällen anlagentechnisch unerwünscht ist.

15 In der Batterietechnik bietet sich eine Verwendung der erfindungsgemäßen Elektrode als H_2 -Verzehrelektrode an. Damit verbindet sich die Möglichkeit, statt eines O_2 -Verzehrzyklus einen H_2 -Verzehrzyklus einzuführen. Der H_2 -Verzehrzyklus hat den Vorteil, daß er im allgemeinen den Volladungszustand der Zellen garantiert. Deshalb sind früher schon Vorschläge über den Einsatz von H_2 -Verzehrelektroden in alkalischen Zellen des Ni/Cd-Typs gemacht
20 worden. Mit der neuen Wasserstoffelektrode steht jedoch eine äußerst preisgünstige Version zur Verfügung, mit der die Lösung dieser Aufgabe verfolgt werden kann.

25 Eine besonders vorteilhafte verfahrenstechnische Anwendung der neuen Elektrode liegt in der Nitratbeseitigung aus der Fällauge der Sinterelektrodenfertigung. Eine mit H_2 versorgte H_2 -Elektrode würde die Nitratreduktion zum Ammoniak bewerkstelligen können, ohne daß sie mit der Zuführung von elektrischer Energie verbunden wäre. Die Reaktion verläuft praktisch im Rahmen eines Kurzschlußelementes. Verfahrenstechnisch würde dies
30 bedeuten, daß jeweils zwei H_2 -Elektroden gasseitig zusammengeschlossen einen H_2 -Raum bilden, während die elektrolytseitigen Oberflächen zweier Elektroden einen von der Regenerierungslösung durchflossenen Raum bilden. Man erhält also eine Anordnung, die in etwa der Anordnung eines Rekonzentratoren in der periodischen Folge von Gasräumen und Elektrolyträumen entspricht.
35

7

Die Abführung der Reaktionswärme wird man in jedem Fall über den Elektrolytkreislauf vornehmen, während für die Ammoniakentsorgung aus dem H₂ ein H₂-Kreislauf mit einer Waschvorrichtung vorzusehen ist. Die H₂-Versorgung kann sowohl aus H₂-Flaschen als auch aus einem Ammoniakspalter bestehen. Falls ein großer Teil des gebildeten Ammoniaks in den H₂-Kreislauf gelangt, so ist die verfahrenstechnische Weiterverwendung des gebildeten Ammoniaks nach dem Passieren eines Ammoniakspalters eine weitere Möglichkeit zur Optimierung des Verfahrens.

Ein weiteres Feld für den Einsatz der neuen Elektrode sowohl als H₂-Anode als auch als H₂-Kathode bieten die Prozesse der Elektrodenformation im alkalischen Milieu.

Schließlich besteht für die erfindungsgemäße Elektrode eine Einsatzmöglichkeit in Wasserstoff/Sauerstoff-Zellen für Elektrolyse und Rekombination, die mit einer erzwungenen Elektrolytströmung arbeiten. Bei diesen bekannten Zellen wird durch Bewegung oder Spülung des Elektrolyten dafür gesorgt, daß elektrolytseitig entstehende Diffusions- bzw. Konzentrations-Polarisationen auf ein Mindestmaß begrenzt werden. Die Zuführung der Reaktionsgase erfolgt von den Elektrodenrändern her. Der Aufbau derartiger Zellen ist nach DE-PS 14 96 241 charakterisiert durch die Parallelschaltung dicht aufeinanderliegender H₂- und O₂-Elektroden mit zwischengeschalteten feinporigen Diaphragmen, die durch totale Elektrolyterfüllung die H₂- und O₂-Elektroden gasmäßig und elektrisch voneinander trennen. Innerhalb der Elektroden ist ebenfalls ein feinporiges, elektrolytdurchzogenes Kapillarsystem vorhanden, wobei sich bei den herkömmlichen DSK-Elektroden Systeme mit größeren und kleineren Poren durchdringen und in dem größeren Porensystem wegen seines kleineren Kapillardrucks vorzugsweise die jeweilige Gasphase vorliegt, mit welcher die Elektrode im Brennstoffzellenbetrieb versorgt und von welcher sie im Elektrolysebetrieb entsorgt wird.

Die Versorgung mit Wasser (Elektrolysebetrieb) bzw. die Ausbringung von Reaktionswasser (Brennstoffzellenbetrieb) erfolgt durch die erwähnte Elektrolyt-Strömung (sog. Eloflux-Prinzip), die sich über das durchgehende feinporige, elektrolyterfüllte Porensystem vollzieht und durch den Aufbau eines relativ

8
-10-

kleinen Druckgefälles zwischen den begrenzenden Diaphragmen eines solchen Elektrodenpaketes hervorgerufen wird. Gleichzeitig aber dienen diese Endräume, in denen der Elektrolyt schnell fließt, der Abführung der Reaktionswärme, die im Falle der Elektrolyse nur sehr klein ist, doch im Falle der Brennstoffzelle bis zu 50% der Gesamtleistung ausmacht.

Figur 2 zeigt den schematischen Aufbau einer elektrolytdurchstömten Brennstoffzelle 1, deren Wasserstoffelektroden von der erfindungsgemäßen Art sind.

Es entfallen hier sowohl bei den hydrophil-hydrophoben Wasserstoffelektroden 2 aus PTFE-gebundenem Raneynickel mit Nickelnetz 3 als auch bei den Sauerstoffelektroden 4, die herkömmlicher Technik entsprechen, die porösen hydrophobierenden PTFE-Deckschichten. An ihre Stelle treten die hydrophilen Diaphragmen 5 mit hohem Kapillardruck. Das kompakte Elektrodenpaket ist durch Netzeinlagen 6 gegen das Gehäuse 7 abgestützt. Der große Pfeil deutet die Richtung der Elektrolytdurchströmung quer zu der Stromrichtung der Gase an.

Durch das hydrophobe gasleitende System innerhalb der neuen H₂-Elektroden ist der Spielraum zwischen dem Kapillardruck in den elektrolyterfüllten Katalysatorporen und den gasgefüllten Poren noch erhöht gegenüber der früheren Zellenausführung.

Reg.-Nr. 6 FP 435-DT

Kelkheim, den 28.10.1983

TAP-Dr.Ns/sd

- 1 -

5

VARTA Batterie Aktiengesellschaft3000 Hannover 21, Am Leineufer 51Patentansprüche

- 10 1. Poröse Gaselektrode, insbesondere für Elektrolyseure und Brennstoff-
elemente, welcher eine durch Polytetrafluoräthylen gebundene
Raneynickelstruktur zugrundeliegt, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine
Folie ist, die durch Zusammenwalzen einer Trockenmischung aus Poly-
tetrafluoräthylen und Raneynickelpulver mit einem Nickelgewebenetz
15 gebildet ist.
2. Poröse Elektrode nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das
Raneynickelpulver gegen Luftoxidation konserviert ist.
- 20 3. Poröse Elektrode nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet,
daß der Gewichtsanteil des Polytetrafluoräthylens an der Trocken-
mischung 2 bis 12%, vorzugsweise 5 bis 8%, beträgt.
4. Poröse Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,
25 daß die netzarmierte Raneynickelschicht mit einer zusätzlich auf-
gewalzten porösen Polytetrafluoräthylen-Schicht versehen ist.
5. Verfahren zur Herstellung einer porösen Elektrode nach den Ansprüchen
1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Schaufelmischer eine
30 Trockenmischung aus konserviertem Raneynickelpulver und Polytetra-
fluoräthylen hergestellt wird und die Mischungsteilchen der zusätzlichen
Spaltwirkung schnell rotierender scharfer Messer eines Schneidkopfes
ausgesetzt werden, daß die Trockenmischung mittels einer Pulverwalze
zu einer dünnen Folie ausgewalzt wird und daß die Folie anschließend in
35 einem Walzenstuhl in ein Metallgewebe- oder Streckmetallband einge-
preßt wird.

-2-

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Umfangsgeschwindigkeit der rotierenden Messer ca. 25 m/sec oder mehr beträgt.
- 5 7. Verwendung einer porösen Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 4, bei der elektrolytischen oder katalytischen Nitratbeseitigung aus wässrigen Lösungen, insbesondere aus der Fällauge der Sinterelektrodenfertigung.
8. Verwendung einer porösen Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 4 als Wasserstoff-Verzehrelektrode.
- 10 9. Verwendung einer porösen Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 3 in Wasserstoff/Sauerstoff-Brennstoffzellen, die mit erzwungener Elektrolytströmung arbeiten.
- 15 10. Verwendung einer porösen Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 4 in Elektrodialysezellen als Wasserstoffanode und Wasserstoffkathode, wobei der durch die kathodische Abscheidung entstehende Wasserstoff der Anode zur elektrochemischen Auflösung zugeführt wird.
- 20 11. Verwendung einer porösen Elektrode nach den Ansprüchen 1 bis 4 in Elektrolysezellen als Wasserstoff- und Sauerstoffabscheidungselektrode.

25

30

35

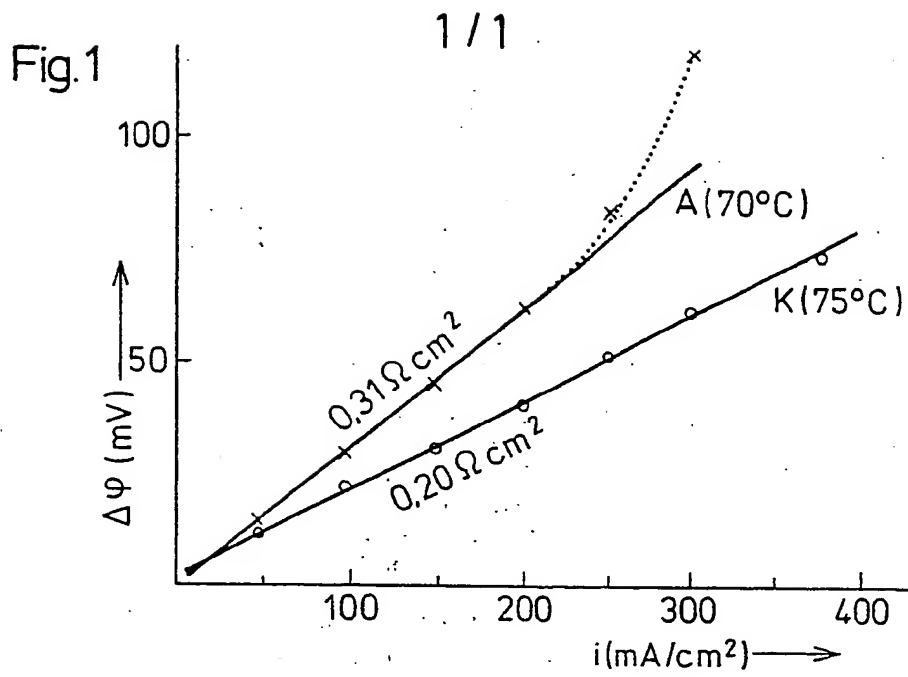


Fig. 2

